



PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

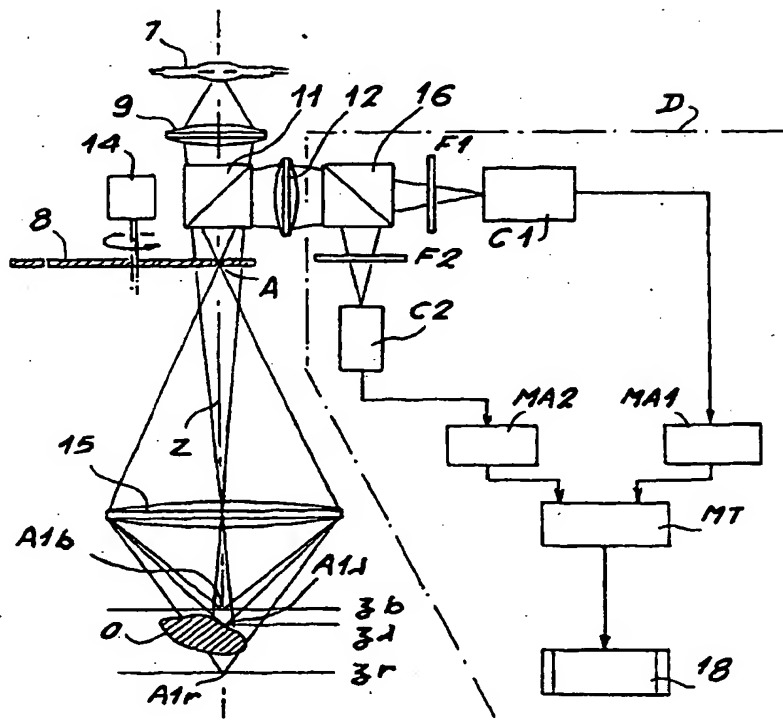
(51) Classification internationale des brevets ⁵ : G02B 21/00, G01B 11/24, 9/04	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 95/00871 (43) Date de publication internationale: 5 janvier 1995 (05.01.95)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/00747 (22) Date de dépôt international: 21 juin 1994 (21.06.94) (30) Données relatives à la priorité: 93/07534 22 juin 1993 (22.06.93) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): PICARD, Bernard [FR/FR]; La Providence, 3, Les Eymards, F-38700 Corenc (FR). (74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL IMAGING DEVICE**(54) Titre: DISPOSITIF D'ACQUISITION D'IMAGES TRIDIMENSIONNELLES****(57) Abstract**

A three-dimensional imaging device including a broad-spectrum light source (7), an assembly (8, 14) for forming point sources therefrom, a member (15) for focusing the light from each point source on an object, said focusing member having axial chromatism, a beam splitter (11), chromatic filtering units (F1, F2), light sensors (C1, C2) and an electronic processing unit (MT) for determining the position of each point on the object (0) in parallel to the axis (Z) of the focusing member. Said device is useful for three-dimensional control.

(57) Abrégé

Ce dispositif comprend une source de lumière (7) à spectre lumineux étendu, des moyens (8, 14) de formation de sources ponctuelles à partir de cette source, des moyens (15) de focalisation de la lumière de chaque source ponctuelle sur l'objet, ces moyens de focalisation ayant un chromatisme axial, des moyens (11) de séparation de faisceau, des moyens (F1, F2) de filtrage chromatique, des moyens (C1, C2) de photodétection et des moyens électroniques de traitement (MT) pour déterminer la position de chaque point de l'objet (0) parallèlement à l'axe (Z) des moyens de focalisation. Application au contrôle tridimensionnel.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brazil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Belarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroon	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

DISPOSITIF D'ACQUISITION D'IMAGES TRIDIMENSIONNELLES

DESCRIPTION

La présente invention concerne un
5 dispositif d'acquisition d'images tridimensionnelles.

Dans des modes de réalisation préférés, la
présente invention permet une acquisition d'images à
une cadence de l'ordre de 10 images par seconde ou plus
et, en particulier, une acquisition d'images "en temps
10 réel", c'est-à-dire à la cadence vidéo (25 images par
seconde).

Le domaine de l'imagerie tridimensionnelle
(c'est-à-dire de l'acquisition d'images
tridimensionnelles) est en très forte croissance et
15 touche des secteurs de plus en plus vastes, tant dans
l'industrie que dans le secteur biomédical.

Les principaux domaines concernés par
l'imagerie tridimensionnelle sont :

- le contrôle dimensionnel,
- 20 - le contrôle de qualité,
- le guidage de robots,
- l'imagerie biomédicale.

Les techniques utilisées en imagerie
tridimensionnelle sont très nombreuses.

25 A ce sujet, on se reportera au document (1)
qui, comme les autres documents cités par la suite, est
mentionné à la fin de la présente description.

Parmi ces techniques on peut citer
notamment :

- 30 - la triangulation par laser (utilisant une tache ou
une ligne lumineuse engendrée par laser),
- l'imagerie confocale,
- la microscopie par effet tunnel,
- l'interférométrie,
- 35 - les franges de moiré,

- la technique de déphasage ("phase shifting"),
- la photogrammétrie,
- la mesure par radar,
- la mesure de temps de vol,
- 5 - la voludensitométrie,
- la profilométrie mécanique.

L'une des principales limitations des systèmes d'acquisition d'images tridimensionnelles est que ces systèmes travaillent souvent à des cadences
10 d'acquisition très inférieures à la cadence vidéo (25 images par seconde).

Les quelques systèmes travaillant à la cadence vidéo sont souvent des réalisations complexes et coûteuses (voir les documents (2) et (3)).

15 Comme on le verra plus loin, dans un mode de réalisation préféré, le dispositif d'imagerie tridimensionnelle objet de la présente invention est apte à travailler à la cadence vidéo tout en étant beaucoup plus simple que les dispositifs connus, aptes
20 à travailler à une telle cadence.

La présente invention utilise la technique de l'imagerie confocale.

Cette technique a fait l'objet de nombreux articles notamment dans le domaine de la microscopie
25 (voir le document (4)) où elle est presque exclusivement utilisée.

Le schéma de la figure 1 illustre le principe de l'imagerie confocale.

Selon ce principe, un objet à observer est
30 éclairé au moyen d'une source ponctuelle et la lumière réfléchie par cet objet est détecté au moyen d'un détecteur ponctuel.

Plus précisément, la lumière émise par une source S est focalisée au moyen d'une lentille 1, sur

un diaphragme 2, afin d'obtenir une source ponctuelle A_0 .

La source S peut être une source classique à arc ou à filament, ou un laser.

5 Un objectif de focalisation 3 permet de focaliser la lumière transmise par le diaphragme ou filtre 2 selon une tache située au point A_0 .

10 Une lame semi-transparente 4 permet de réfléchir la lumière collectée par l'objectif 3 sur un photodétecteur 5.

Un diaphragme 6, placé au point A_2 , conjugué du point A_0 par l'objectif 3, permet de filtrer la lumière réfléchie par la lame semi-transparente 4, le photodétecteur 5 recevant seulement
15 l'énergie lumineuse transmise par l'ouverture du diaphragme 6.

Une image bidimensionnelle est obtenue par balayage de la tache lumineuse sur l'objet à observer.

20 Un dispositif d'imagerie confocale est donc une réalisation particulière des dispositifs d'imagerie optiques à balayage.

Lorsque le point de l'objet à observer est situé dans le plan de focalisation P de l'objectif 3, c'est-à-dire en A_0 , l'image de celui-ci par cet
25 objectif 3 est le point A_2 situé au centre de l'ouverture du diaphragme 6.

- Dans cette configuration, la largeur de la tache lumineuse au niveau du diaphragme ou filtre 6 est minimale et la quantité de lumière reçue par le
30 photodétecteur 5 est maximale.

Lorsque le point de l'objet à observer s'éloigne du plan de focalisation de l'objectif 3 et se trouve par exemple en A_1 , l'image de celui-ci par l'objectif 3 est alors le point A_2 et la largeur de la
35 tache lumineuse au niveau du filtre 6 augmente tandis

que la quantité de lumière reçue par le photodétecteur 5 diminue.

Cette propriété qu'ont les systèmes d'imagerie confocale de donner des images dont
5 l'intensité lumineuse est une fonction décroissante de la distance de l'objet au plan de mise au point de l'objectif de focalisation est désignée sous le terme de "sélectivité axiale".

Dans le cas de faibles défauts de mise au
10 point, la transmission axiale $T(z)$ du filtre confocal, qui est le rapport de l'intensité lumineuse transmise par le filtre 6 à l'intensité lumineuse incidente sur ce filtre, est donnée par la formule (1) suivante :

15
$$T(z) = \sin^2(u/2)/(u/2)^2$$

avec :

$$u = (2\pi/\lambda) \cdot z \cdot \sin^2\alpha$$

20 où λ représente la longueur d'onde de la lumière d'observation

z est la distance de l'objet au plan de focalisation, comptée parallèlement à l'axe Z de l'objectif 3

25 $\sin \alpha$ est l'ouverture numérique de l'objectif de focalisation.

- En imagerie confocale, l'image bidimensionnelle de l'objet à observer est obtenu par balayage de la tache lumineuse.

30 Ce balayage est obtenu par déplacement de l'objet ou de la tache lumineuse ou par déplacement de l'objet dans une direction et déplacement de la tache lumineuse dans une direction perpendiculaire à la précédente.

La grande majorité des systèmes d'imagerie confocale et des systèmes optiques à balayage utilise la lumière d'un faisceau laser en raison du pouvoir de focalisation extrêmement élevé de celui-ci, pouvoir qui permet d'obtenir des intensités lumineuses élevées dans des taches de dimensions très faibles.

Ces systèmes fonctionnent à des cadences d'acquisition inférieures à la cadence vidéo, en raison du dispositif de balayage qui est en général mécanique et qui travaille à des fréquences peu élevées.

Cependant, certains systèmes fonctionnent à la cadence vidéo, grâce à l'utilisation d'un miroir polygonal tournant à très grande vitesse (voir le document (2)).

Ces systèmes sont toutefois complexes et coûteux.

D'autres systèmes fonctionnant à la cadence vidéo utilisent un dispositif de déflexion acousto-optique du faisceau laser (voir le document (5)).

Une technique de balayage par disque de Nipkow permet également de travailler à la cadence vidéo (voir les documents (4), (6) et (7)).

Cette technique de balayage présente l'avantage de pouvoir être utilisée avec des sources lumineuses classiques du type lampes à arc et d'être facile à mettre en oeuvre.

Un dispositif d'imagerie confocale utilisant un disque de Nipkow est schématiquement représenté sur la figure 2.

Un disque de Nipkow est un disque métallique, par exemple un masque de chrome, qui est percé de dizaines de milliers de trous de quelques micromètres de diamètre et disposés en spirales (voir le document (7)).

Le dispositif schématiquement représenté sur la figure 2 comprend une lampe à arc 7 qui éclaire un disque de Nipkow 8 par l'intermédiaire d'une lentille de focalisation 9.

5 Un objectif de focalisation 10, dont l'axe porte la référence Z, projette l'image de ce disque 8 sur un objet à observer O.

La lumière réfléchiée par cet objet O traverse en retour le disque 8.

10 Un cube séparateur 11 permet de réfléchir la lumière transmise par le disque vers une lentille de focalisation 12 et cette lentille forme l'image du disque sur la surface photosensible d'une caméra vidéo 13 de type CCD.

15 Lorsque le disque 8 est animé d'un mouvement de rotation grâce à des moyens appropriés 14, ce disque se comporte comme un ensemble de sources lumineuses ponctuelles et de filtres confocaux, selon le schéma de principe de la figure 1, qui balayent en
20 synchronisme l'objet à observer O.

La rotation du disque permet d'engendrer une image bidimensionnelle au niveau de la caméra 13.

La disposition en spirale des trous du disque 8 provoque un déplacement radial apparent de ces
25 trous, ce qui évite la formation de lignes sur l'image obtenue.

En imagerie confocale, l'intensité de l'image est maximale lorsque les points de l'objet à observer sont situés dans le plan de mise au point P de
30 l'objectif de focalisation 10.

Cette propriété peut être utilisée pour obtenir des images tridimensionnelles (voir le document (4)).

35 Pour ce faire, à l'aide d'un dispositif d'imagerie confocale, on effectue une série

d'acquisitions de N images (coupes optiques) $I_n(x,y)$, à des altitudes différentes z_n (on déplace pour ce faire l'objet verticalement), où z_n est égal à l'altitude z_0 du plan de mise au point P augmentée d'une quantité $n.Dz$ (n variant entre 1 et N).

La recherche du maximum de la série des intensités lumineuses en chaque point de coordonnées (x,y) dans un plan perpendiculaire à l'axe Z permet de déterminer la position du point considéré suivant l'axe Z.

Cette position axiale correspond, en chaque point, à la position z où l'intensité lumineuse obtenue est maximale.

En d'autres termes, pour chaque point (x,y), on dispose de N images suivant l'axe Z et la position z correspondant à l'intersection de l'objet et d'un axe parallèle à l'axe Z correspond à l'intensité lumineuse maximale.

Si l'on utilise un dispositif d'imagerie confocale travaillant à la cadence vidéo pour effectuer les acquisitions, la cadence d'acquisition des images tridimensionnelles est divisée par le nombre N qui représente le nombre d'images nécessaires pour couvrir la topographie de l'objet à observer.

La présente invention permet d'obtenir l'image tridimensionnelle de l'objet en une seule acquisition.

Si l'on considère que le nombre d'acquisitions N peut atteindre couramment la centaine, voire le millier dans certaines applications, on mesure l'intérêt que peut représenter la présente invention.

On connaît par le document (8), auquel on se reportera, un dispositif de microscopie optique confocale à balayage et en profondeur de champ étendue.

Ce dispositif connu utilise :

- une source lumineuse polychromatique, c'est-à-dire ayant au moins deux longueurs d'ondes différentes,
- un système d'imagerie confocale,
- un objectif présentant du chromatisme longitudinal ou chromatisme axial, et
- une analyse spectrale de la lumière.

Ces quatre éléments permettent d'obtenir une image tridimensionnelle de l'objet observé, en une seule acquisition.

La dynamique longitudinale du dispositif connu est égale au nombre de faisceaux lumineux secondaires.

Ce dispositif connu ne permet de mesurer longitudinalement, parallèlement à l'axe de l'objectif, qu'un nombre limité de points, correspondant au nombre des faisceaux lumineux secondaires.

Afin que la réalisation de ce dispositif connu ne soit pas trop complexe, on utilise en tant que source lumineuse polychromatique un laser à argon dont la lumière contient au plus sept longueurs d'onde suffisamment intenses dans le spectre visible.

Un tel dispositif ne permet donc d'acquérir des images que dans sept plans.

Ce dispositif est suffisant pour être utilisé en microscopie, pour l'observation d'objets microélectroniques tels que des circuits intégrés, mais est inutilisable pour des applications nécessitant une dynamique longitudinale importante.

La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient en proposant un dispositif ayant une grande dynamique longitudinale.

De façon précise, la présente invention a pour objet un dispositif d'acquisition d'images tridimensionnelles d'un objet, ce dispositif comprenant :

- une source de lumière à spectre lumineux étendu,
 - des moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles à partir de la lumière issue de la source à spectre lumineux étendu,
 - 5 - des moyens de focalisation de la lumière de chaque source ponctuelle sur l'objet, ces moyens de focalisation ayant un chromatisme axial, celui-ci variant de façon monotone (de préférence, de façon linéaire) en fonction de la longueur d'onde de la
 - 10 lumière issue de la source,
 - des moyens de séparation de faisceau, prévus pour réfléchir la lumière réfléchie par chaque point de l'objet,
 - des moyens de filtrage comportant au moins deux
 - 15 filtres chromatiques dont les réponses spectrales respectives sont différentes l'une de l'autre et varient de façon monotone (de préférence, de façon linéaire) en fonction de la longueur d'onde de la lumière issue de la source, et qui sont prévus pour
 - 20 recevoir la lumière réfléchie par les moyens de séparation de faisceau,
 - des moyens de photodétection comportant au moins deux photodétecteurs respectivement associés aux filtres et prévus pour recevoir les lumières
 - 25 respectivement filtrées par ceux-ci, ces deux photodétecteurs recevant simultanément des informations lumineuses relatives au même point de l'objet, et
 - des moyens électroniques de traitement des signaux
 - 30 fournis par les photodétecteurs,
- ce dispositif étant caractérisé en ce que ces moyens électroniques de traitement sont prévus pour former le rapport de l'un de ces signaux à l'autre et pour déterminer la position de chaque point de l'objet
- 35 parallèlement à l'axe des moyens de focalisation, à

l'aide de ce rapport et d'informations qui sont mémorisées dans ces moyens électroniques de traitement et qui résultent d'un étalonnage préalable du dispositif.

5 Le dispositif objet de la présente invention présente une bien plus grande dynamique longitudinale, une plus grande simplicité et donc un coût moindre que le dispositif connu qui est divulgué par le document (8) et qui nécessite autant de
10 dispositifs de détection ou de modulation qu'il y a de faisceaux lumineux secondaires (alors que deux photodétecteurs suffisent dans la présente invention).

 Selon un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, les moyens de
15 photodétection comprennent deux caméras vidéo de type CCD ou à tube, agencées de façon que les pixels photosensibles de l'une de ces caméras soient respectivement associés aux pixels photosensibles de l'autre caméra et que chaque point de l'objet soit
20 observé par deux pixels associés.

 Selon un autre mode de réalisation particulier, le dispositif objet de l'invention comprend une caméra vidéo en couleur qui constitue à la fois les moyens de filtrage et les moyens de
25 photodétection.

 Dans une première réalisation particulière de l'invention, les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles comprennent :
- un disque de Nipkow, et
30 - des moyens de rotation de ce disque autour de son axe.

 Dans le cas où l'on utilise les deux caméras vidéo mentionnées plus haut, les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles peuvent
35 comprendre un masque fixe comportant des ouvertures,

chacune de ces ouvertures correspondant à un pixel photosensible de chacune des deux caméras.

Dans le cas où l'on utilise la caméra vidéo en couleur mentionnée plus haut, les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles peuvent comprendre un masque fixe comportant des ouvertures, chacune de ces ouvertures correspondant à un pixel photosensible de la caméra vidéo en couleur.

Dans une autre réalisation particulière de l'invention, les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles comprennent :

- un masque à une ouverture, formant un filtre confocal, et
- des moyens de déplacement relatif de l'objet par rapport au faisceau lumineux issu de la source de lumière à spectre lumineux étendu.

Le dispositif objet de l'invention peut comprendre en outre un faisceau de fibres optiques ordonnées, qui est placé entre les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles et les moyens de focalisation.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, illustre schématiquement le principe de l'imagerie confocale,
- la figure 2, déjà décrite, est une vue schématique d'un dispositif connu d'imagerie confocale utilisant un disque de Nipkow,
- la figure 3 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,

- la figure 4 est une vue schématique d'un objectif de focalisation qui présente un chromatisme axial et qui est utilisé dans le dispositif de la figure 3,
- la figure 5 est une vue schématique et partielle d'un autre dispositif conforme à l'invention utilisant une caméra vidéo en couleur,
- la figure 6 est une vue schématique et partielle d'un autre dispositif conforme à l'invention utilisant une ouverture jouant le rôle de filtre confocal, deux détecteurs ponctuels et des moyens de balayage de l'objet à étudier,
- la figure 7 est une vue schématique d'un masque utilisable dans la présente invention, et
- la figure 8 est une vue schématique et partielle d'un autre dispositif conforme à l'invention utilisant un faisceau de fibres optiques ordonnées.

Le dispositif conforme à l'invention, qui est schématiquement représenté sur la figure 3, permet une acquisition d'images à la cadence vidéo et comprend, comme le dispositif représenté sur la figure 2 :

- la source lumineuse à spectre large 7, par exemple une lampe à arc au Xénon,
- le disque de Nipkow 8 muni des moyens de rotation 14,
- la lentille 9 de focalisation de la lumière émise par la source 7 sur le disque 8,
- le cube séparateur 11, et
- la lentille de focalisation 12.

Le dispositif de la figure 3 comprend aussi un objectif de focalisation 15 présentant un chromatisme axial, au lieu de l'objectif de focalisation 10, l'axe de l'objectif 15 portant la référence Z, l'axe de rotation du disque 8 étant parallèle à cet axe Z dans l'exemple de la figure 3.

La largeur du spectre de la source 7 est adaptée à la dynamique longitudinale souhaitée (plus on souhaite une dynamique importante, plus il faut choisir un spectre large).

5 Comme précédemment, le cube séparateur 11 est compris entre la lentille 9 et le disque 8 et ce cube séparateur 11 est traversé par la lumière issue de la source 7 et focalisée par la lentille 9 et réfléchit la lumière en provenance de l'objectif à chromatisme axial 15 en direction de la lentille 12 qui focalise cette lumière réfléchie.

L'effet du chromatisme axial, ou chromatisme longitudinal, de l'objectif de focalisation 15 est schématiquement illustré par la figure 4.

15 La distance focale de cet objectif 15 dépend de la longueur d'onde de la lumière.

Un tel objectif présente autant de plans de focalisation différents qu'il y a de longueurs d'ondes présentes dans le faisceau lumineux incident.

20 Ainsi, une source lumineuse placée en un point A a autant d'images données par cet objectif qu'il y a de longueurs d'ondes présentes dans le faisceau lumineux.

25 Ces images sont alignées selon un segment lumineux Alb, Alr où Alb et Alr sont respectivement les images bleue et rouge du point A.

- On a également représenté une image intermédiaire Al λ comprise entre Alb et Alr où λ est une longueur d'onde comprise entre la longueur d'onde correspondant au bleu et la longueur d'onde correspondant au rouge.

30 On voit aussi sur la figure 4 un autre point B dont les images Blb, Bl λ et Blr correspondent respectivement aux images Alb, Al λ et Alr du point A.

L'effet du chromatisme longitudinal d'un objectif, en imagerie confocale, est décrit dans les documents (5) et (7).

On a vu précédemment que, en imagerie
5 confocale, la transmission du filtre confocal est une fonction décroissante de la distance, comptée suivant l'axe Z de l'objectif, des points de l'objet au plan de focalisation de l'objectif conformément à la formule (1).

10 Ainsi, si l'objectif de focalisation présente un chromatisme longitudinal, en un point donné de l'objet, le disque de Nipkow transmet différemment chaque longueur d'onde selon la distance, comptée
15 suivant l'axe Z de l'objectif, séparant ce point du plan de focalisation correspondant.

La longueur d'onde dont le plan de focalisation correspondant coïncide avec le point de l'objet est transmise avec le maximum d'intensité lumineuse et les autres longueurs d'ondes sont
20 transmises avec des intensités décroissantes au fur et à mesure que la distance qui sépare de l'objet les plans de focalisation correspondants augmente.

Dans le dispositif schématiquement représenté sur la figure 3, si les spectres de la
25 source lumineuse 7 et de l'objet sont parfaitement blancs, on obtient de l'objet O (qui est placé dans la zone de focalisation de l'objectif 15) une image colorée qui est parfaitement focalisée et dont la composition spectrale en chaque point ne dépend que de
30 la position axiale de ce point par rapport à l'objectif de focalisation 15.

Ainsi, le dispositif de la figure 3 comprend un "module de codage" comportant un dispositif confocal muni d'un objectif ayant un chromatisme

longitudinal, pour effectuer un codage chromatique de la position axiale des points de l'objet O.

Réciproquement, une analyse chromatique point par point de l'image colorée permet de déterminer la position axiale des points de l'objet O.

Cette analyse chromatique est réalisée dans un "module de décodage" que comprend également le dispositif de la figure 3.

Ce module de décodage D comprend un autre cube séparateur 16 (permettant d'obtenir deux images identiques à partir de l'image formée par la lentille 12), une première caméra vidéo de type CCD ou à tube, référencée C1 et associée à un premier filtre chromatique F1, ainsi qu'une deuxième caméra vidéo de type CCD ou à tube, référencée C2 et associée à un deuxième filtre chromatique F2.

L'image colorée, qui est réfléchiée par le cube séparateur 11, est ensuite envoyée par le cube séparateur 16 sur les pixels photosensibles des caméras C1 et C2 par l'intermédiaire des filtres F1 et F2.

On précise que les caméras C1 et C2 sont agencées de façon que les pixels photosensibles de ces deux caméras voient les mêmes points de l'objet O, c'est-à-dire que chaque pixel de l'une des caméras soit associé à un pixel de l'autre caméra, deux pixels associés voyant un même point de l'objet O.

Le module de décodage D comprend aussi :

- deux cartes électroniques d'acquisition et de numérisation des images vidéo respectivement fournies par les caméras C1 et C2 et portant respectivement les références MA1 et MA2,
- un module électronique de traitement MT destiné à effectuer la division de l'une des images numérisée par l'autre, pixel par pixel, ainsi que le calcul de la position suivant l'axe Z, des points de l'objet

O, et à commander le fonctionnement de l'ensemble du dispositif de la figure 3, et

- des moyens 18 de visualisation, un écran vidéo par exemple, destinés à visualiser les résultats des calculs.

On précise qu'un dispositif d'analyse de la couleur au moyen de deux photodiodes ayant des sensibilités spectrales différentes est décrit dans le document (9).

On décrit maintenant la modélisation mathématique du fonctionnement du dispositif de la figure 3.

Dans ce qui suit :

- $L(\lambda)$ désigne la composition spectrale de la source lumineuse 7

- $r(x, y, \theta, \phi)$ désigne le facteur de réflexion de l'objet O au point de coordonnées (x, y) , dans la direction de l'axe Z de l'objectif de focalisation 15, qui est orientée selon les angles θ et ϕ par rapport à la normale à l'objet en ce point (les coordonnées x et y étant définies dans un plan perpendiculaire à l'axe Z)

- $R(\lambda)$ désigne la réflectivité spectrale de l'objet, que l'on suppose uniforme sur tout l'objet

- $T(z)$ désigne la transmission axiale du filtre confocal en fonction de z (voir formule (1))

- z désigne la position axiale des points de l'objet (comptée sur l'axe Z)

- $z(\lambda)$ désigne la "courbe" de chromatisme de l'objectif de focalisation, c'est-à-dire, la position (repérée sur l'axe Z) du plan de focalisation pour une longueur d'onde λ donnée (pour la position du disque de Nipkow pour laquelle l'objectif 15 est calculé de façon à avoir une bonne résolution et le chromatisme voulu)

- $T_1(\lambda)$ désigne la transmission spectrale du filtre F1

- $T_2(\lambda)$ désigne la transmission spectrale du filtre F2

5 - $S_1(\lambda)$ désigne la sensibilité spectrale de la caméra C1

- $S_2(\lambda)$ désigne la sensibilité spectrale de la caméra C2.

Pour la longueur d'onde λ , la transmission axiale du disque de Nipkow 8 est égale à $T(z - z(\lambda))$.

La composition spectrale de l'image du point de l'objet, de coordonnées (x, y, z) , qui est reçue par la caméra C1, est donnée par la relation (2) :

15
$$\Phi_1(x, y, z, \lambda) = L(\lambda) \cdot r(x, y, \theta, \varphi) \cdot R(\lambda) \cdot T(z - z(\lambda)) \cdot T_1(\lambda).$$

Le signal délivré par la caméra C1 est donné par la relation (3) :

20
$$s_1(x, y, z) = \int \Phi_1(x, y, z, \lambda) \cdot S_1(\lambda) \cdot d\lambda$$

On a donc la relation (4) :

$$s_1(x, y, z) = \int r(x, y, \theta, \varphi) \cdot L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot T(z - z(\lambda)) \cdot T_1(\lambda) \cdot S_1(\lambda) \cdot d\lambda$$

25

On précise que toutes ces intégrales et les suivantes sont prises sur le spectre de la source lumineuse.

30 Si l'objectif de focalisation 15 ne présente pas de chromatisme latéral, les coordonnées x et y des points de l'objet visés par chaque caméra sont indépendantes de la longueur d'onde λ .

Dans ce cas, le terme $r(x, y, \theta, \varphi)$ peut être sorti de l'intégrale et la relation (4) peut alors se réécrire selon la relation (5) :

$$s_1(x, y, z) = r(x, y, \theta, \varphi) \cdot F_1(z)$$

où $F_1(z)$ désigne l'intégrale

$$\int L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot T(z - z(\lambda)) \cdot T_1(\lambda) \cdot S_1(\lambda) \cdot d\lambda$$

10

Cette intégrale ne dépend que de la position axiale z du point de coordonnées (x, y) de l'objet.

De même, le signal délivré par la caméra C2
15 est donné par la relation (6) :

$$s_2(x, y, z) = r(x, y, \theta, \varphi) \cdot F_2(z)$$

où $F_2(z)$ désigne l'intégrale

20

$$\int L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot T(z - z(\lambda)) \cdot T_2(\lambda) \cdot S_2(\lambda) \cdot d\lambda$$

En calculant le rapport $s_1(x, y, z) / s_2(x, y, z)$ on élimine le terme $r(x, y, \theta, \varphi)$.

25 On obtient alors la quantité $s(z)$ qui ne dépend plus que de z , selon la relation (7) :

$$s(z) = F_1(z) / F_2(z)$$

30

Au cours d'une opération d'étalonnage du dispositif, on détermine expérimentalement les variations du rapport $p = s(z)$ en fonction de z et l'on mémorise ces variations dans le module électronique de traitement MT.

Ainsi, le calcul du paramètre ρ de l'image d'un point de l'objet, de coordonnées (x,y) , permet de déterminer la position axiale z de ce point, selon la relation (8) :

5

$$z = s^{-1}(\rho)$$

En pratique, on utilise deux caméras C1 et C2 identiques et les sensibilités $S1(\lambda)$ et $S2(\lambda)$ sont donc théoriquement identiques.

10

Si l'on n'utilisait pas les filtres F1 et F2 on aurait :

$$F1(z) = F2(z) = \int L(\lambda).R(\lambda).T(z - z(\lambda)).S1(\lambda).d\lambda$$

15

Le paramètre ρ serait égal à 1 et ne permettrait pas de mesurer la position axiale des points de l'objet.

L'utilisation des filtres F1 et F2, dont les sensibilités, ou réponses, spectrales sont différentes l'une de l'autre, permet d'obtenir un rapport $F1(z)/F2(z)$ évoluant notablement en fonction de la position axiale des points de l'objet.

20

On considère maintenant le cas où le chromatisme axial de l'objectif 15 est grand devant la sélectivité axiale du dispositif confocal.

25

Considérons par exemple un dispositif confocal ayant les caractéristiques suivantes :

- sélectivité axiale $\Delta z = 20 \mu m$
- 30 - largeur spectrale de la source lumineuse $\Delta \lambda = 0,4 - 0,8 \mu m$
- chromatisme de l'objectif = 1 mm dans la bande $0,4 - 0,8 \mu m$.

Dans ce cas, la largeur à mi-hauteur de la fonction $T(z-z(\lambda))$ est égale à 20/1000 soit 1/50ème de la largeur spectrale $\Delta\lambda$ de la source lumineuse 7.

Les grandeurs $L(\lambda)$, $R(\lambda)$, $T1(\lambda)$ et $S1(\lambda)$ variant lentement en fonction de λ , $T(z-z(\lambda))$ peut être assimilé à un "pic" de Dirac $\delta(\lambda-\lambda_z)$ où λ_z représente la longueur d'onde correspondant au plan de focalisation dont la position axiale est égale à z .

Dans ce cas, on peut écrire :

$$F1(z) = \int L(\lambda).R(\lambda).\delta(\lambda - \lambda_z).T1(\lambda).S1(\lambda).d\lambda$$

$$F1(z) = L(\lambda_z).R(\lambda_z).T1(\lambda_z).S1(\lambda_z)$$

La relation (7) devient alors la relation (9) :

$$s(z) = (T1(\lambda_z).S1(\lambda_z)) / (T2(\lambda_z).S2(\lambda_z)).$$

Dans le cas où le chromatisme axial de l'objectif 15 est grand par rapport à la sélectivité axiale du dispositif confocal, il n'est pas nécessaire de supposer que la réflectivité spectrale de l'objet est uniforme.

En effet, notons $r(x,y,\theta,\varphi,\lambda)$ la réflectivité spectrale de l'objet au point de coordonnées (x,y) , dans la direction de l'axe Z de l'objectif de focalisation, qui est orientée selon les angles θ et φ par rapport à la normale à l'objet en ce point.

Dans la mesure où $r(x,y,\theta,\varphi,\lambda)$ varie lentement en fonction de λ , la relation (4) se transforme en la relation (10) suivante :

$$s1(x,y,z) = \int r(x,y,\theta,\varphi,\lambda).L(\lambda).\delta(\lambda - \lambda_z).T1(\lambda).S1(\lambda).d\lambda$$

Il en résulte la relation (11) suivante :

$$s_1(x, y, z) = r(x, y, \theta, \phi, \lambda z) \cdot L(\lambda z) \cdot T_1(\lambda z) \cdot S_1(\lambda z)$$

5

Le rapport $s_1(x, y, z) / (s_2(x, y, z))$ permet d'éliminer les termes $r(x, y, \theta, \phi, \lambda z)$ et $L(\lambda z)$ et ce rapport est exprimé à nouveau par la relation (9).

De même, dans ce cas où le chromatisme axial de l'objectif 15 est grand par rapport à la sélectivité axiale du dispositif confocal, il n'est pas nécessaire que l'objectif de focalisation 15 soit corrigé du chromatisme latéral.

En effet, si l'objectif présente du chromatisme latéral, cela signifie que les coordonnées x et y des points de l'objet visés par chaque caméra dépendent de la longueur d'onde λ , c'est-à-dire que $x = x(\lambda)$ et $y = y(\lambda)$.

Dans ce cas, le terme $r(x, y, \theta, \phi)$ s'écrit $r(x(\lambda), y(\lambda), \theta, \phi)$ et la relation (11) devient la relation (12) suivante :

$$s_1(x, y, z) = r(x(\lambda z), y(\lambda z), \theta, \phi, \lambda z) \cdot L(\lambda z) \cdot T_1(\lambda z) \cdot S_1(\lambda z)$$

Le terme $r(x(\lambda z), y(\lambda z), \theta, \phi, \lambda z)$ est également éliminé en calculant le rapport $s_1(x, y, z) / s_2(x, y, z)$.

Il convient que le chromatisme longitudinal de l'objectif de focalisation 15 soit calculé de telle sorte que ce chromatisme longitudinal varie de façon monotone en fonction de la longueur d'onde de la lumière issue de la source, l'idéal étant une variation linéaire qui donne une variation très simple entre les différentes longueurs d'onde et les plans de focalisation associés.

Cet objectif de focalisation 15 peut-être, selon les conditions de travail, éventuellement corrigé du chromatisme latéral.

5 De plus, l'objectif de focalisation 15 est calculé de telle sorte qu'il soit corrigé des aberrations géométriques pour l'ensemble des longueurs d'ondes utilisées.

10 En outre, il convient que les deux filtres chromatiques F1 et F2 soient choisis de telle sorte que l'amplitude du signal $s(z)$ de la formule (7) varie de façon monotone avec la position axiale z des points de l'objet O, cette variation étant de préférence linéaire.

15 La figure 5 est une vue schématique et partielle d'un autre mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention.

20 Dans le module de décodage D représenté sur cette figure 5, les deux caméras C1 et C2 et les deux filtres chromatiques F1 et F2 de la figure 3 sont remplacés par une caméra vidéo en couleur C3.

Cette caméra C3 est disposée de façon que chaque pixel photosensible de celle-ci sont associés à un point de l'objet O à examiner.

25 Une telle caméra vidéo en couleur comprend des filtres chromatique et fournit des signaux vidéo généralement appelé signaux vert, rouge et bleu.

30 Il suffit alors de sélectionner deux de ces signaux, par exemple les signaux rouge et vert, et d'envoyer ceux-ci respectivement aux modules MA1 et MA2 pour les traiter comme précédemment, ce qui permet encore de calculer la position axiale z en calculant le rapport des images numériques correspondant à ces signaux rouge et vert, pixel par pixel.

35 Dans un autre dispositif conforme à l'invention qui est schématiquement et partiellement

représenté sur la figure 6, le disque de Nipkow 8 de la figure 3 est remplacé par un masque fixe 20 à une ouverture, jouant le rôle de filtre confocal.

Les deux caméras C1 et C2 sont de plus
5 remplacées respectivement par deux photodétecteurs ponctuels P1 et P2 qui sont par exemple des photodiodes ou des photomultiplicateurs.

Ces photodétecteurs P1 et P2 sont
respectivement associés aux filtres F1 et F2 et les
10 signaux fournis par ces photodétecteurs P1 et P2 sont respectivement traités par les modules MA1 et MA2 et par les moyens MT et 18 mentionnés plus haut.

De plus, dans le cas du dispositif de la figure 6, le balayage de l'objet à examiner est réalisé
15 par déplacement de cet objet ou par déflexion du faisceau lumineux atteignant cet objet, ce balayage étant réalisable grâce à un miroir tournant 22 que l'on peut disposer à la suite du masque 20.

Dans un autre mode de réalisation
20 particulier du dispositif objet de l'invention, le disque de Nipkow 8 de la figure 3 est remplacé par un masque fixe 24 (figure 7), qui est perpendiculaire à l'axe Z de l'objectif de focalisation 15 et qui comporte des ouvertures 26.

25 Ce masque (qui est placé au même endroit que le disque de Nipkow précédemment utilisé) est par exemple une plaque de verre recouverte d'une fine couche de chrome comportant les ouvertures 26.

Ces ouvertures 26 sont réalisées de telle
30 sorte que chacune d'entre elle corresponde à un pixel photosensible unique de chacune des caméras, selon le schéma de la figure 7.

Afin que le masque 24 puisse jouer l'effet
d'un filtre confocal, il convient que la tache de
35 diffraction de l'objectif 15 soit beaucoup plus petite

que la distance séparant deux pixels adjacents et vaille par exemple un dixième de cette distance.

Ainsi, si la distance séparant deux pixels adjacents de chaque caméra, rapportée à l'objet, est de 20 μm , la résolution de l'objectif de focalisation
5 devra être de 2 μm .

Le dispositif de la figure 7 présente l'avantage de remplacer le disque de Nipkow mobile en rotation par un masque qui est fixe.

10 Cependant les ouvertures doivent être alignées précisément par rapport aux pixels des deux caméras C1 et C2.

Le dispositif conforme à l'invention, qui est schématiquement et partiellement représenté sur la
15 figure 8, diffère de celui qui est représenté sur la figure 3 par le fait qu'il comprend en outre un faisceau de fibres optiques ordonnées 30, qui peut être éventuellement un endoscope souple, entre l'objectif de focalisation 15 et le disque de Nipkow 8, comme on le
20 voit sur la figure 8.

En outre, une optique 32, dont l'axe X est parallèle à l'axe du disque de Nipkow 8, est prévue entre ce disque et le faisceau de fibres optiques 30 pour injecter le faisceau lumineux issu des ouvertures
25 du disque dans ce faisceau de fibres optiques 30.

L'autre extrémité de ce faisceau se trouve sur l'axe Z de l'optique (15 qui n'est plus parallèle à l'axe du disque dans le cas de la figure 8).

Un faisceau de fibres optiques ordonnées à
30 la propriété de transporter des images optiques de la même façon qu'une lentille, la résolution étant donnée par le diamètre des fibres élémentaires formant ce faisceau.

Afin que le faisceau de fibres optiques
35 n'altère pas la propriété d'imagerie confocale du

dispositif conforme à l'invention, il est nécessaire que le diamètre des fibres optiques de ce faisceau soit inférieur à la tache de diffraction de l'objectif de focalisation 15.

5 Ce diamètre des fibres optiques du faisceau 30 est calculé en fonction de la résolution de cet objectif.

On calcule le diamètre du faisceau de fibres optiques 30 en fonction de la dimension de l'image donnée par cet objectif, le diamètre de ce faisceau étant choisi supérieur au diamètre de l'image.

Les documents cités dans la présente description sont les suivants :

- 15 (1) Active, Optical Range Imaging Sensors, Paul J. Besl, Machine Vision and Applications (1988) p.127-152
- 20 (2) Registered intensity and range imaging at 10 mega-samples per second, J. Angelo Beraldin - Marc Rioux - François Blais - Luc Cournoyer - Jacques Domey, Optical Engineering / Janvier 1992 / vol.31 n°1
- 25 (3) Laser-scanning imaging system for real-time measurements of 3-D object profiles, K. Kobayashi - K. Akiyama - T. Suzuki - I. Yoshizawa, Optics Communications vol.74, n°3,4 p.165 (15 Dec 1989)
- 30 (4) THEORY AND PRACTICE OF SCANNING OPTICAL MICROSCOPY, Tony Wilson - Colin Sheppard - Academic Press
- 35 (5) A Standard Video-Rate Confocal Laser-Scanning Reflection and Fluorescence Microscope, A. Draaijer - P.M. Houpt, Scanning Vol.10, 139-145 (1988)

- (6) CONFOCAL OPTICAL MICROSCOPY, A. Boyde - Microscopy and Analysis
- 5 (7) New types of scanning optical microscopes, G.S. Kino - T.R. Corle - G.Q. Xiao, SPIE vol.921 Integrated Circuit Metrology, Inspection, and Process Control II (1988)
- 10 (8) FR-A-2 626 383 (voir aussi EP-A-0327425 et US-A-4,965,441)
- (9) LES NOUVEAUX CAPTEURS INDUSTRIELS - Tech Tendances - Innovation 128

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'acquisition d'images tridimensionnelles d'un objet, ce dispositif comprenant :

- 5 - une source de lumière (7) à spectre lumineux étendu,
- des moyens (8, 14; 20, 22, 24) de formation de sources lumineuses ponctuelles à partir de la lumière issue de cette source à spectre lumineux étendu,
- 10 - des moyens (15) de focalisation de la lumière de chaque source ponctuelle sur l'objet, ces moyens de focalisation ayant un chromatisme axial, celui-ci variant de façon monotone en fonction de la longueur d'onde de la lumière issue de la source,
- 15 - des moyens (11) de séparation de faisceau, prévus pour réfléchir la lumière réfléchie par chaque point de l'objet,
- des moyens de filtrage comportant au moins deux filtres chromatiques (F1, F2) dont les réponses spectrales respectives sont différentes l'une de l'autre et varient de façon monotone en fonction de la longueur d'onde de la lumière issue de la source, et qui sont prévus pour recevoir la lumière réfléchie par les moyens (11) de séparation de faisceau,
- 20 - des moyens de photodétection comportant au moins deux photodétecteurs (C1, C2; P1, P2) respectivement associés aux filtres (F1, F2) et prévus pour recevoir les lumières respectivement filtrées par ceux-ci, ces deux photodétecteurs recevant simultanément des informations lumineuses relatives au même point de l'objet, et
- 25 - des moyens électroniques (MT) de traitement des signaux fournis par les photodétecteurs,
- 30

ce dispositif étant caractérisé en ce que ces moyens électroniques de traitement sont prévus pour former le rapport de l'un de ces signaux à l'autre et pour déterminer la position de chaque point de l'objet
5 parallèlement à l'axe des moyens de focalisation, à l'aide de ce rapport et d'informations qui sont mémorisées dans ces moyens électroniques de traitement et qui résultent d'un étalonnage préalable du dispositif.

10 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le chromatique axial des moyens de focalisation (15) varie de façon linéaire en fonction de la longueur d'onde de la source.

15 3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la réponse spectrale de chaque filtre chromatique (F1, F2) varie de façon linéaire en fonction de la longueur d'onde de la source.

20 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de photodétection comprennent deux caméras vidéo (C1, C2) de type CCD, ou à tube, agencées de façon que les pixels photosensibles de l'une de ces caméras soient respectivement associés aux pixels photosensibles de
25 l'autre caméra et que chaque point de l'objet soit observé par deux pixels associés.

30 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend une caméra vidéo en couleur qui constitue à la fois les moyens de filtrage et les moyens de photodétection.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles comprennent :

35 - un disque de Nipkow (8), et

- des moyens (14) de rotation de ce disque autour de son axe.

7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles comprennent un masque fixe (24) comportant des ouvertures (26), chacune de ces ouvertures correspondant à un pixel photosensible (28) de chacune des deux caméras (C1, C2).

8. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles comprennent un masque fixe (24) comportant des ouvertures (26), chacune de ces ouvertures correspondant à un pixel photosensible de la caméra vidéo en couleur.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles comprennent :

- un masque (20) à une ouverture, formant un filtre confocal, et
- des moyens (22) de déplacement relatif de l'objet (0) par rapport au faisceau lumineux issu de la source de lumière (7) à spectre lumineux étendu.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un faisceau (30) de fibres optiques ordonnées, qui est placé entre les moyens de formation de sources lumineuses ponctuelles et les moyens de focalisation (15).

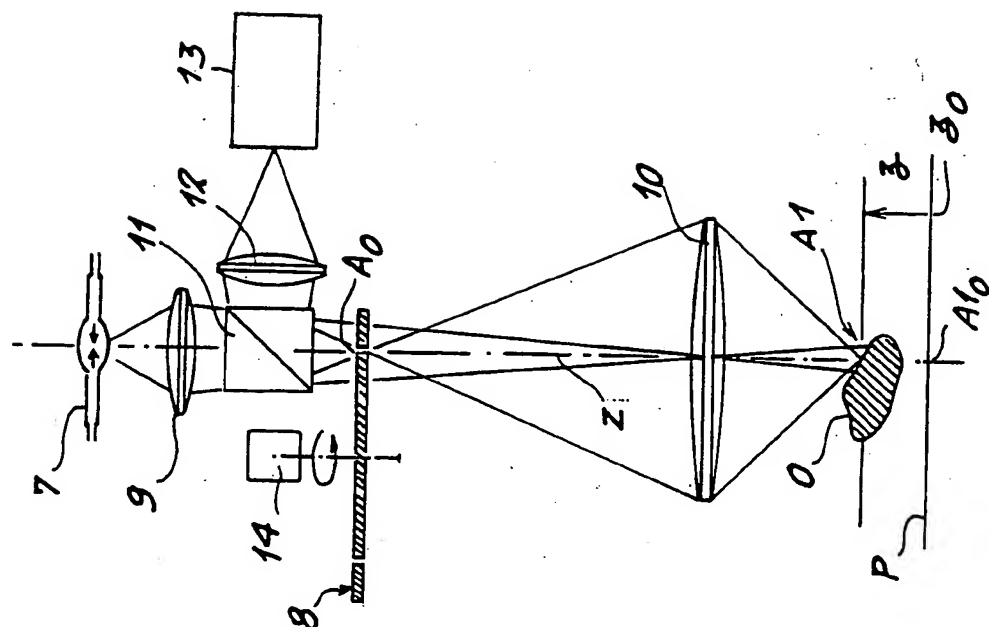


FIG. 2

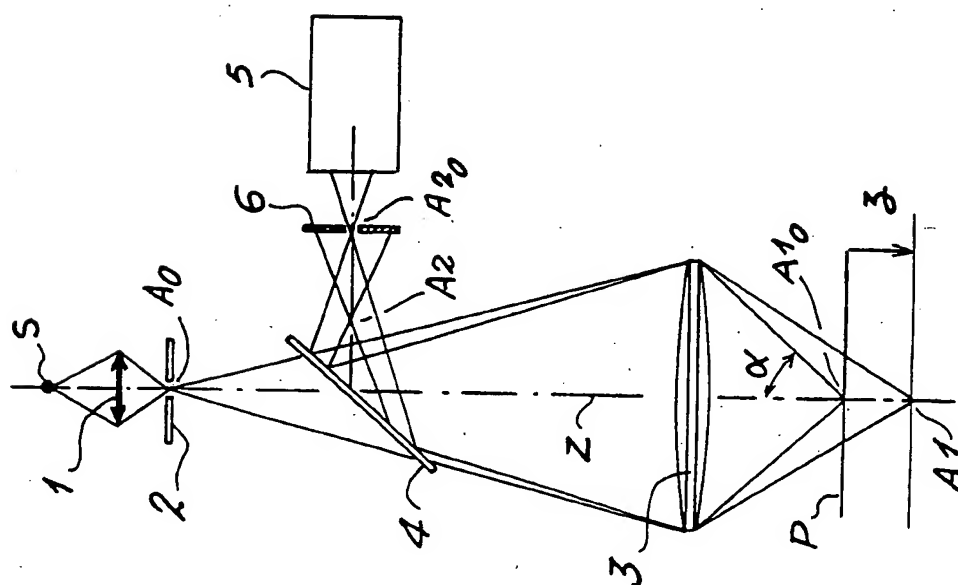


FIG. 1

215

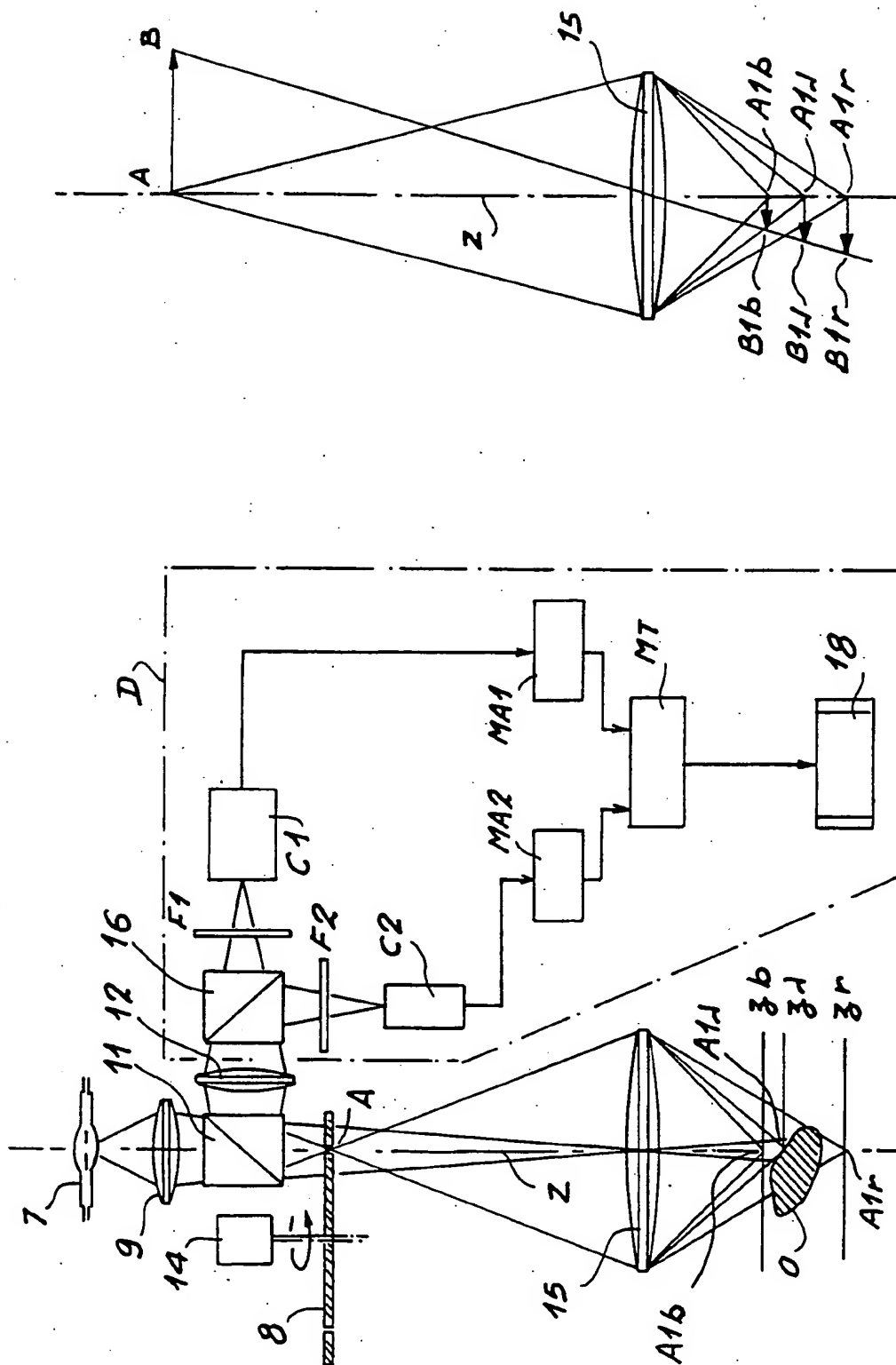


FIG. 4

FIG. 3

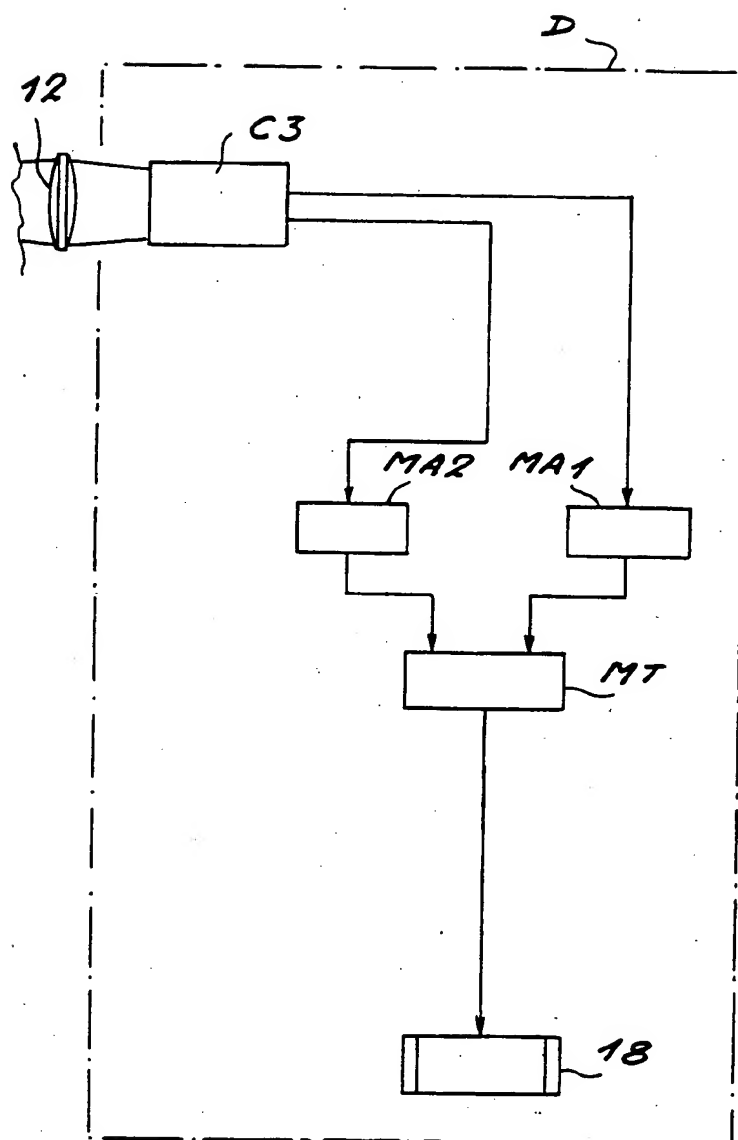
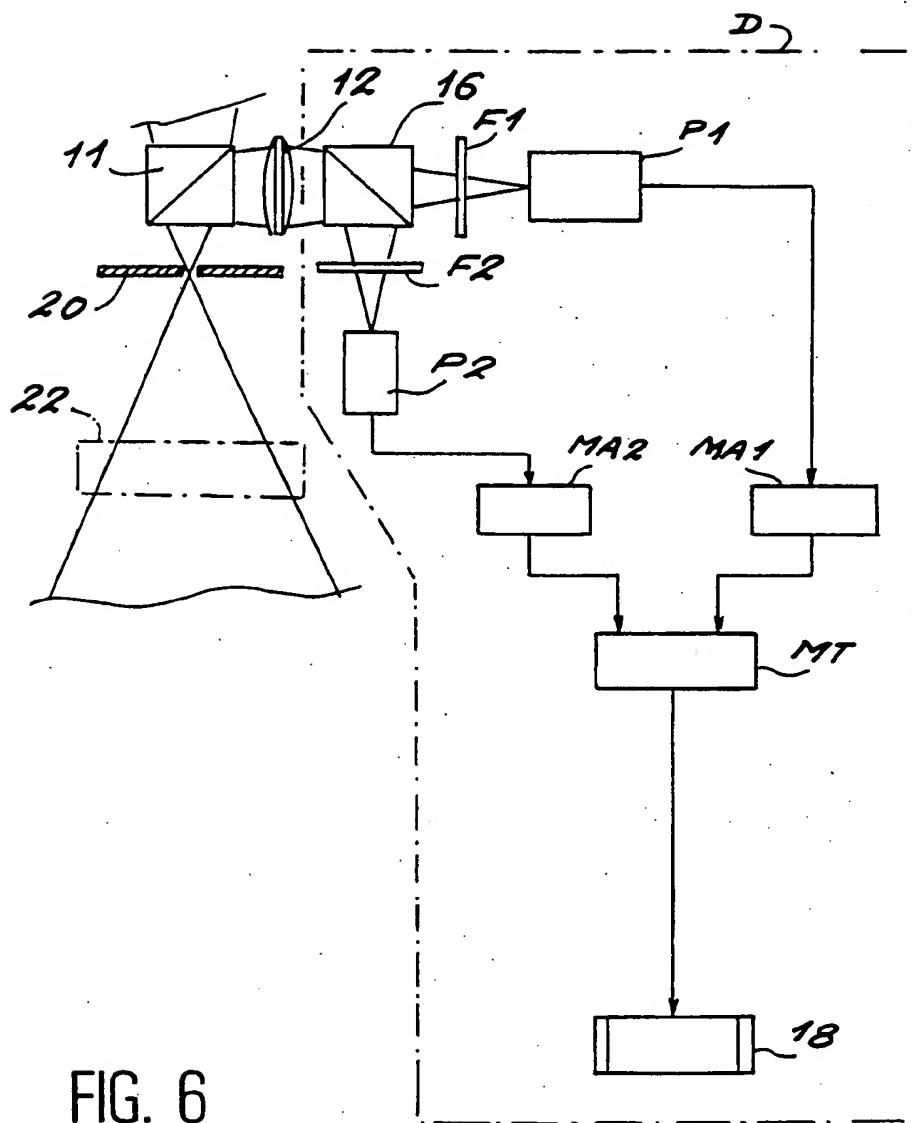


FIG. 5



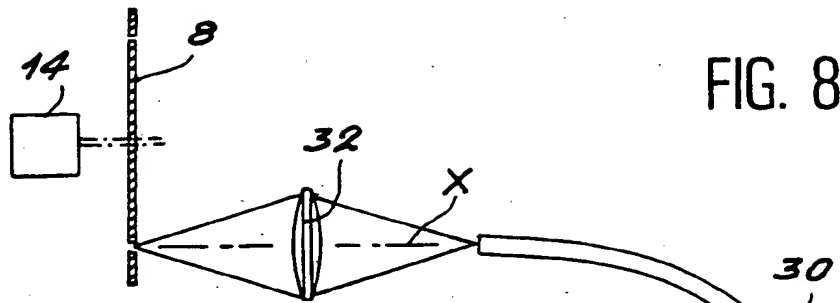
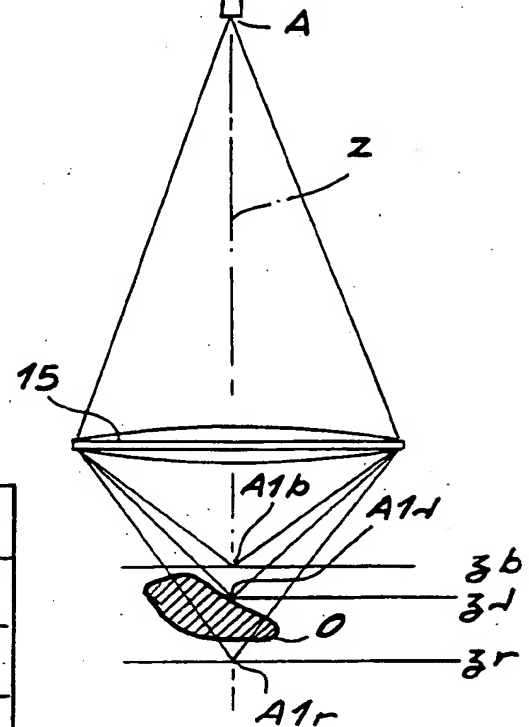
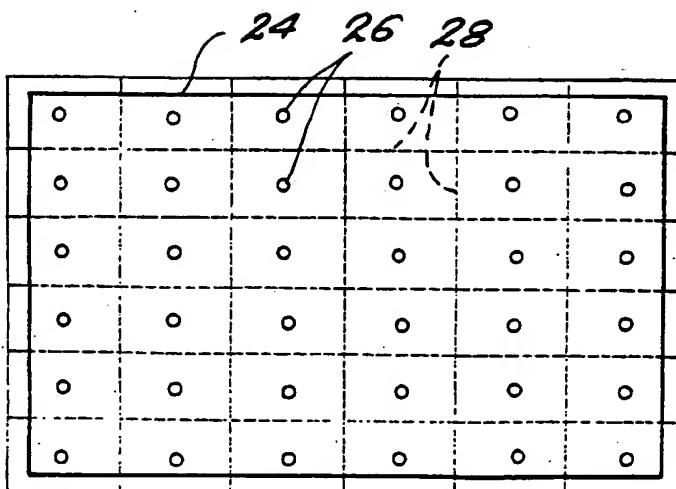


FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/FR 94/00747

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 5 G02B21/00 G01B11/24 G01B9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 G02B G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO,A,88 10406 (BATELLE-INSTITUT E.V.) 29 December 1988 see the whole document ---	1-10
Y	WO,A,92 01965 (LASERTECHNIK GMBH) 6 February 1992 see the whole document ---	1-10
Y	EP,A,0 327 425 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 9 August 1989 cited in the application see the whole document ---	1-10
A	WO,A,92 17806 (G. BRAKENHOFF) 15 October 1992 see page 8, line 4 - line 28 see page 9, line 11 - line 36; figures 4,5 --- -/--	4

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 October 1994

Date of mailing of the international search report

19. 10. 94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Scheu, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 94/00747

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	OPTICS COMMUNICATIONS, vol.74, no.3,4, 15 December 1989, AMSTERDAM NL pages 165 - 170 K.KOBAYASHI ET AL. 'LASER-SCANNING IMAGING SYSTEM FOR REAL-TIME MEASUREMENTS OF 3-D OBJECT PROFILES' cited in the application see page 165 - page 167 ----	1
A	EP,A,0 485 803 (CARL-ZEISS-STIFTUNG) 20 May 1992 see the whole document ----	1,7
A	OPTICS LETTERS, vol.18, no.8, 15 April 1993, WASHINGTON US pages 565 - 567 A.GMITRO ET AL. 'Confocal microscopy through a fiber-optic imaging bundle' see the whole document -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 94/00747

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-8810406	29-12-88	CH-A- 671828 DE-A- 3869579 EP-A, B 0321529 US-A- 5165063	29-09-89 30-04-92 28-06-89 17-11-92
WO-A-9201965	06-02-92	DE-A- 4023292 EP-A- 0466979 JP-T- 5502953	23-01-92 22-01-92 20-05-93
EP-A-0327425	09-08-89	FR-A- 2626383 DE-T- 68906040 JP-A- 1245215 US-A- 4965441	28-07-89 14-10-93 29-09-89 23-10-90
WO-A-9217806	15-10-92	NONE	
EP-A-0485803	20-05-92	DE-A- 4035799 CA-A- 2054928 JP-A- 4265918 US-A- 5239178	14-05-92 11-05-92 22-09-92 24-08-93

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

 Dema Internationale No
 PCT/FR 94/00747

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 5 G02B21/00 G01B11/24 G01B9/04		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 5 G02B G01B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO,A,88 10406 (BATELLE-INSTITUT E.V.) 29 Décembre 1988 voir le document en entier ---	1-10
Y	WO,A,92 01965 (LASERTECHNIK GMBH) 6 Février 1992 voir le document en entier ---	1-10
Y	EP,A,0 327 425 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 9 Août 1989 cité dans la demande voir le document en entier ---	1-10
A	WO,A,92 17806 (G. BRAKENHOFF) 15 Octobre 1992 voir page 8, ligne 4 - ligne 28 voir page 9, ligne 11 - ligne 36; figures 4,5 --- -/-	4
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "I" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
4 Octobre 1994		19. 10. 94
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tél. (+ 31-70) 340-2040, Tlx. 31 651 cpo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016		Scheu, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dém. Internationale No
PCT/FR 94/00747

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>OPTICS COMMUNICATIONS, vol.74, no.3,4, 15 Décembre 1989, AMSTERDAM NL pages 165 - 170 K.KOBAYASHI ET AL. 'LASER-SCANNING IMAGING SYSTEM FOR REAL-TIME MEASUREMENTS OF 3-D OBJECT PROFILES' cité dans la demande voir page 165 - page 167 ---</p>	1
A	<p>EP,A,0 485 803 (CARL-ZEISS-STIFTUNG) 20 Mai 1992 voir le document en entier ---</p>	1,7
A	<p>OPTICS LETTERS, vol.18, no.8, 15 Avril 1993, WASHINGTON US pages 565 - 567 A.GMITRO ET AL. 'Confocal microscopy through a fiber-optic imaging bundle' voir le document en entier -----</p>	1,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem. Internationale No
PCT/FR 94/00747

10171R 04700747

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO-A-8810406	29-12-88	CH-A- 671828	29-09-89
		DE-A- 3869579	30-04-92
		EP-A, B 0321529	28-06-89
		US-A- 5165063	17-11-92

WO-A-9201965	06-02-92	DE-A- 4023292	23-01-92
		EP-A- 0466979	22-01-92
		JP-T- 5502953	20-05-93

EP-A-0327425	09-08-89	FR-A- 2626383	28-07-89
		DE-T- 68906040	14-10-93
		JP-A- 1245215	29-09-89
		US-A- 4965441	23-10-90

WO-A-9217806	15-10-92	AUCUN	

EP-A-0485803	20-05-92	DE-A- 4035799	14-05-92
		CA-A- 2054928	11-05-92
		JP-A- 4265918	22-09-92
		US-A- 5239178	24-08-93
